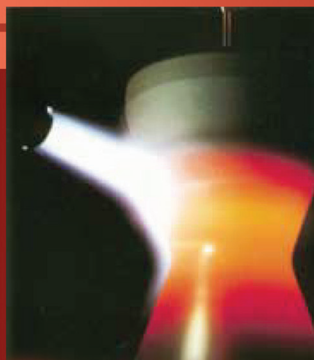
مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST
معهد بحوث البتروكيماويات

وقود الأسيتيلين









د. محمد شفيق الكناني

١٤٣٢هـ - ٢٠١١م

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST
معهد بحوث البتروكيماويات

وقود الأسيتيلين

د. محمد شفيق الكناني

١٤٣١ هـ - ٢٠١٠ م

بسم الله الرحمن الرحيم

الأسيتيلين (Acetylene) صيغته الكيميائية (C_2H_2) عبارة عن غاز عديم اللون قابل للاشتعال وذي رائحة مميزة تشبه رائحة الثوم بسبب وجود آثار من المركبات الكبريتية والفوسفورية

يصبح الغاز شديد الانفجار إذا سُيّل أو ضُغط أو سُخّن أو مزج مع الهواء ، وبناءً على ذلك فإنه يتطلب احتياطات خاصة أثناء إنتاجه والتعامل معه ،جدول(١). يستخدم الأسيتيلين كمادة خام لإنتاج عدة أنواع من المواد الكيميائية العضوية أهمها ١،٤ بيوتان دايول ، الذي يستخدم بشكل كبير في صناعة مواد بلاستيكية مثل البولي إيثلين، ومكون وقود في لحام أوكسي- أسيتيلين (Oxy-acetylene) ، وقطع وتنظيف المعادن، كما تستخدم بعض مركبات الأسيتيلين التجارية مثل أسود الأسيتيلين في بعض أنواع بطاريات الخلايا الجافة والأغوال (الكحولات) الأسيتيلينية التي تستخدم في صناعة الفيتامينات . اكتشف الأسيتيلين في عام ١٨٠٠م من تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء ، وفي عام ١٨٣٦م تم تحضيره من تفاعل كربيد البوتاسيوم مع الماء ،كما تم تحضيره عام ١٨٥٩م باستخدام القوس الكهربائي في جو من الهيدروجين . وقد استخدم لأول مرة كإشارات ضوئية في السفن وطرق السكك الحديدية عام ١٩٠٥م ، وفي اللحام و قص (قطع) المعادن عام ١٩٠٦م.

الصيغة الكيميائية	C_2H_2
الكتلة المولية	٢٦,٠٤ جم/ مول
الكثافة عند ٥ْم / ١,٠١٣ بار	١,١٧٥كجم/م٣
الكثافة عند ١٥ْم/ ١ بار	١,١ كجم /م٣
درجة حرارة الاشتعال	٣٣٥ْم في الهواء ، ٣٠٠ ْم في الأكسجين
حدود الانفجار	٢,٣ – ٨٢٪ حجما في الهواء ٢,٥ – ٩٣٪ حجماً في الأكسجين
الكثافة مقارنة بالهواء	أخف ب ١٠ ٪ من الهواء
درجة حرارة الغليان	٨٤ْم

جدول (١) الخواص الفيزيائية للأسيتيلين.

صناعة الأسيتيلين

طورت شركة باسف (BASF) الألمانية في بداية العشرينات طريقة لصناعة غاز الأسيتيلين من مركبات هيدروكربونية مصدرها الغاز الطبيعي والبترول، وقد بدأت العملية بالإنتاج في بداية الأربعينات، أما في الوقت الحاضر فتتم صناعة الأستيلين

وفق الطـرق التاليـة:

- **طريقة إماهة كربيد الكالسيوم**

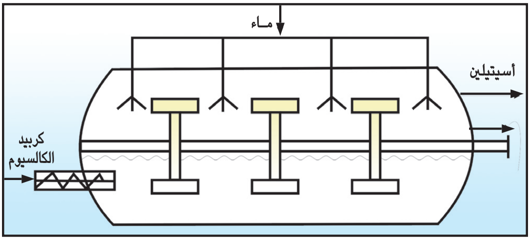
استخدمـت هـذه الطريقـة في جنوب أفريقيـا. ولازالت. بسبب توفر المـواد الأولية للصناعـة، تسمـى هـذه الطريقة أيضـاً بالطريقـة الرطبـة، وتتضمن ثـلاث مراحل للحصـول على الأسيتيلين، ففي المرحـلة الأولى يتم الحصول على الفحم من مناجمه، وفي المرحـلة الثانية يتم تصنيع كربيد الكالسيـوم بتسخين الفحم مع أكسيد الكالسيوم عند درجة حرارة تصل إلى حوالي ٢٠٠٠م° ، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$CaO + 3C \xrightarrow{\Delta} CaC_2 + CO$$

أما في المرحلة الثالثة فيتم فيها معالجة كربيد الكالسيوم بالماء لينتج غاز الأسيتيلين وفق التفاعل التالي:

$$CaC_2 + 2H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

وفي هـذه المرحـلة يتـم. بواسطة لولـب حلزوني. إدخـال لقيم من حبيبـات كربيد الكالسيـوم إلى مفاعـل أسطواني مملـوء بالماء إلى مستـوى معين مـع التحريك المستمـر داخـل غرفـة التفاعل لمنع طفو الحبيبات على سطح المـاء فتؤدي إلى انتشـار كميـة كبـيرة مـن الحـرارة ، وبالتـالي إلى إشعـال الأسيتيلين النـاتج عن التفاعل، شـكل(١) . تتم تنقيـة الأسيتيلـين النـاتج عـن هـذه الطريقة من الشوائـب. مثل كبريتيد الهيدروجـين. وذلك بإمـرار الغـاز في محلول من حمض الكلور (HCl) المخفف ومن ثم في محلول مخفف مـن هيدروكسيد الصوديـوم (NaOH) ، وبعد ذلك يجفف ويعبـأ في أسطوانات تحت الضغط والتبريد.



شكل (١) مخطط مبسط لمفاعل تحضير الأسيتيلين من عملية تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء.

- **طريقة التكسير الحراري**

تعتمـد هذه الطريقة على التكسير الحـراري للغاز الطبيعي. الحاوي على أكثر من

٩٠٪ من غاز الميثان. أو مركبات هيدروكربونية سائلة كلقيم عند درجات حرارة تتجاوز ١٢٠٠م° ، وذلك وفق التفاعل التالي:

$$2CH_4 \xrightarrow{\Delta} C_2H_2 + 3H_2$$

ونظـراً لاستخـدام درجـات حرارة عالية، فإنـه ينتج عن التفاعـل. بالإضافة إلى الأسيتيلـين والهيدروجـين. غازات مثل أول أكسيد الكربون وثـاني أكسيد الكربون التي تنتـج عن احـتراق الأسيتيلـين مع الأكسجـين . وللحصـول على درجات حـرارة عالية للتفاعل تستخدم لهذا الغرض الطرق التالية:

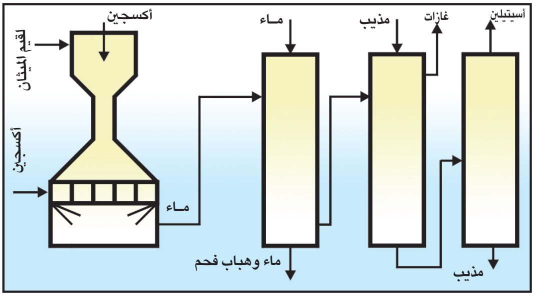
- **طريقة القوس الكهربائي**

وتعـد ملائمة جداً لتسخين اللقيم بشكل سريع. اللقائـم المستخدمة بهذه الطريقة هي الغاز الطبيعي (الميثان)، والجازولين، والنفثا وغيرها من المركبات الهيدروكربونية السائلـة. بواسطة قوس كهربائي يبلغ طولـه مـتر واحد يفصل بين مهبط مبـرد بالماء ومصعـد أنبوبي مـبرد بالمـاء أيضاً. تمـرر أبخرة اللقيم عبر القوس الكهربائي حيث تصـل درجـة الحـرارة العظمى التـي يبلغها الغـاز حـوالي ١٦٠٠ °م. تـبرد الغازات الناتجـة عـن التفاعل تبريـداً سريعاً إلى حـوالي ١٠٠٠ °م ، بإمرار تيـار من مركبات هيدروكربونيـة يـتراوح عـدد ذرات الكربون فيها مـن C2 إلى C4 حيـث تخضع لعملية تكسير ينتج عنها إيثيلين وألكينات ، وأخيراً تبرد إلى ٢٠٠ °م، وذلك بحقن الماء. ينقى الغـاز النـاتج من هباب الفحم بواسطـة قمع فاصل، أما المـواد القطرانية فيتم إزالتها بغسلهـا بالزيت، بينما يزال سيانيـد الهيدروجين بغسله بالماء، كمـا يتم نـزع كبريتيد الهيدروجـين بواسطـة أكاسيد الحديد. يضغط الغاز المنقـى النـاتـج، ثم يغسل بالزيت لفصـل المركبـات الأسيتيلينيـة العالية، وبعدهـا يمتص الأسيتيلين بالمـاء لفصله عن الهيدروجين والإيثيلـين والإيثان.

- **طريقة التحلل الحراري المتجدد**

ويتـم فيهـا تسخين اللقيم بتماسـه مع مواد تختزن كمية كبيرة مـن الحرارة وتسخن مسبقـاً بحرق الوقود. وتتم عملية التكسـير أو التحلل الحراري في أزواج من الأفران ملئت بآجـر متحمـل للحـرارة ، وتشغل هذه الأفـران بطريقة دورية ، ففي حـين يسخن أحدهما

بـأن يحرق فيه وقـود بالهواء ، يكـون الآخـر في دور التكسير، ثـم يعكس اللقيم بعدذلك، ويقـوم الفرن المعـاد تسخينه بدوره، علـى أن يواصل الفرن الآخر. الـذي خفض التفاعل الماص للحرارة درجة حرارته. دورة إعـادة التسخـين. ويتم تفاعـل تكسيـر اللقيـم. يكون عـادة البروبـان أو النفثـا أو الجازولـين. عنـد درجة حرارة ١٢٠٠ °م وتحت ضغط ٠,٥ جـو، ثـم تـبرد نواتـج التكسـير تبريـداً سريعـاً بالماء، ويفصـل منها الأسيتيلين الـذي يـتراوح مردوده حوالي ٣٠٪، شكل (٢).



شكل (٢) مخطط مبسط لعملية صناعة الأسيتيلين من التكسير الحراري للميثان.

• **طريقة اللهب**

يتم في هذه الطريقة نقل حرارة اللهب مباشـرة إلـى اللقيم، وذلك وفق أسلوبين هما :

الأسلوب الأول :

ويتـم فيه حـرق اللقيم الهيدروكربوني في مقدار غـير كافٍ من الأكسجين فيتكسر جزء من اللقيم الذي لم يحترق بفضل احتراق الجزء الآخر.

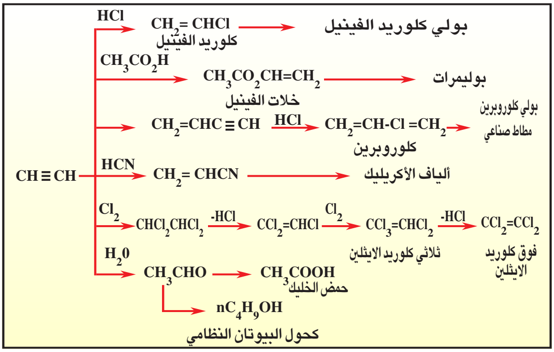
الأسلوب ا لثاني :

ويتم فيه حقن اللقيم الهيدروكربوني في لهب يشكله احتراق الوقود بالأكسجين. وفي كلتـا العمليتين يتـم تبريد نواتج التفاعل. تكون درجة حرارتهـا ١٥٠٠ °م. تبريداً سريعاً بالمـاء أو الزيـت، ومـن ثـم يفصـل الأسيتيلين منهـا . ويعتمـد مـردود الأسيتيلين على نوعية اللقيم المستخدم ، فعند استخدام الميثان يكون مردود الأسيتيلين حوالي ٣٠٪.

استخدامـات الأسيتيلين

يعـد الأسيتيلين من المركبات الهيدروكربونية عاليـة الفعالية، وهو يستخدم كمادة أولية في الصناعـات البتروكيميائيـة الوسطية والنهائية كما هو مبـين في شكل (٣) . وقـد ظل الأسيتيلين المـادة الأولية أو المصـدر الرئيس للصناعـات الكيميائية لسنوات

طويلة قبل تطوير استخدام الغاز الطبيعي ونواتج المشتقات النفطية في الصناعات البتروكيميائية، إلا أنه في الوقت الحاضر لاتستطيع طرق تصنيع الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم منافسة الطرق البتروكيميائية لتصنيعه حيث ينافس الإيثلين الأسيتيلين بشكل عام في الصناعات البتروكيميائية. ويعود السبب في ذلك إلى أن هناك عدداً من الجوانب في صناعة الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم تجعله مكلف التشغيل أصلاً، والعامل الأكثر أهمية في ذلك هو الارتفاع الشديد في درجة حرارة التفاعل ومقدار الحرارة الممتصة، فطرق صناعة الأسيتيلين المذكورة أعلاه تستهلك كميات كبيرة جداً من الطاقة، مما يجعل تكلفة



شكل (٣) المشتقات الرئيسية للأسيتيلين.

إنتاجه وفق هذه الطرق باهظة الثمن. كما ويستخدم الأسيتيلين أيضاً في عمليات لحام وقص الصفائح المعدنية، حيث ينتج عن احتراق الأسيتيلين مع الأكسجين تفاعل كيميائي طارد للحرارة، عندما تتفاعل حجوم متساوية من الأسيتيلين والأكسجين لتنتج أول أكسيد الكربون وهيدروجين في المرحلة الأولى، وذلك وفق التفاعل التالي:

$$C_2H_2 + O_2 \longrightarrow CO + H_2$$

وفي المرحلة الثانية من الاحتراق: يحترق أول أكسيد الكربون ويشكل ثاني أكسيد الكربون، في حين يتفاعل الهيدروجين الناتج عن تفاعل المرحلة الأولى مع الأكسجين ليشكل ماء ، وبالتالي فإن تفاعل الاحتراق يكتمل وينتج ثاني أكسيد الكربون وماء

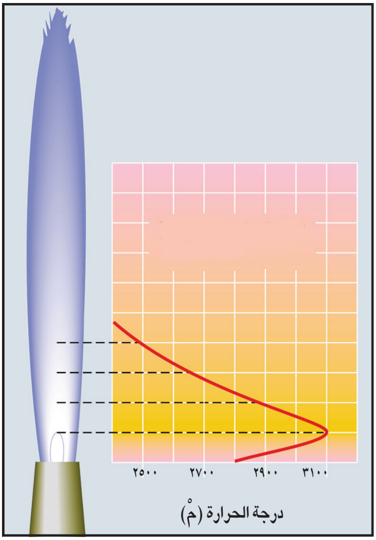


(يتحول إلى بخار) اللذين هما النواتج الرئيسة للاحتراق، وذلك وفق التفاعل التالي:

$$CO + H_2 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

ينجم عن التفاعلين المذكورين لهب تبلغ درجة حرارته ٣٢٠٠ °م، وللّهب ثلاثة أنواع هي:

(أ) **اللهب المتعادل** : وينتج عندما يكون حجم غاز الأسيتيلين مساوياً لحجم الأكسجين عند الاحتراق، ويمكن القول بأن الاحتراق كاملاً ، ويبين الشكل (٤)، توزع درجة الحرارة من خلال اللهب .



شكل (٤) توزع درجة الحرارة من خلال لهب الأسيتيلين مع الأكسجين.

(ب) **اللهب المتفحم** : وينتج عندما يكون حجم غاز الأسيتيلين المحترق أكبر من حجم الأكسجين ، ويمكن القول: إن الاحتراق كامل وينتج عنه هباب الفحم.

(ج) **اللهب المؤكسد**: وينتج عندما يكون حجم الأكسجين أكبر من حجم الأسيتيلين، ويكون لون اللهب في هذه الحالة زهري اللون. وتجدر الإشارة هنا إلى أن احتراق الأسيتيلين يحرر طاقة حرارية أكبر بكثير من احتراق الغازات الهيدروكربونية الأخرى، مثل الميثان والبروبان والبروبين والإيثان ، كما هو مبين في الشكل (٥)، وهذا ما جعله فعالاً جداً لقص المعادن.

مخاطر الأسيتيلين

ينتج عن الأستيلين مخاطر إما ناجمة عن الاشتعال وإما عن استنشاقه، وهي:

- **مخاطر الاشتعال**

الأسيتيلين غاز شديد القابلية للالتهاب ويختلف عن بقية الغازات الأخرى القابلة للالتهاب لأنه غاز غير مستقر ، ويمكن أن يتفكك بشكل متفجر تحت ظروف معينة إلى عناصره الأساسية (الكربون والهيدروجين). ويحدث اشتعال أو انفجار نتيجة عدم

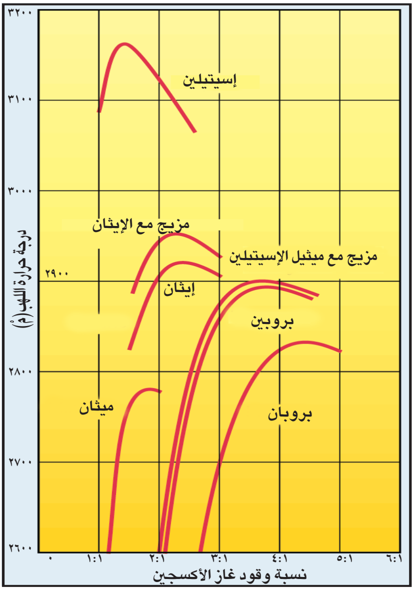
الإلمام بمخاطر استخـدام الأسيتيلين، ومنها مايلى:

١- عـدم استخـدام الضغط الصحيح للغاز.

٢- وجـود أسطوانـة الأسيتيلين بوضع غـير آمـن أو بجانـب حـرارة عاليـة أولهب.

٣- وجـود تشققـات في أحـد ليـات أسطوانة الأكسجين أو الأسيتيلين .

٤- تسرب الغاز نتيجة عدم إحكام ربط منظم الغاز بأسطوانة الأسيتيلين.



شكل (٥) درجة حرارة اللهب الناتج عن نسب معينة من وقود غاز هيدروكربوني مع الأكسجين.

- **مخاطر الاستنشاق**

يدخـل الأسيتيلـين إلى جسـم الإنسـان عـن طريـق الاستنشـاق، ويصيـب الجهاز العصبي المركزي والغشاء المخاطي والرئتـين ، وتختلف حدة الإصابة بهذه الأجهزة حسب نسبة تركيز الأسيتيلين في الهواء، وذلك وفقاً لما يلى:

- نسبة تركيز ١٠٪ : وعندها يحدث تسمم طفيف مع خدر قابل للشفاء.
- نسبة تركيز ٢٠٪ : ويحدث عندها تسمم واضح مع ضيق تنفس وصداع.
- نسبة٣٠-٣٥٪ وعندها يفقد الشخص الوعي.
- نسبـة تركيـز ٨٠٪ : وفيها يحدث تخدير كامل، وارتفاع لضغـط الدم، وتنفس سريع، ونبضـ ضعيف غـير منتظم مع غثيان وتقيـؤ وإعياء، كما يمكن حـدوث اختناق بسبب نقصـ الأكسجين في هواء التنفس. إضافة لذلك فقد سجلت تأثيرات غير مرغوبة على العاملين عند استخدامهم لمشغل أكسي- أسيتيلين أثناء لحام أو قص أو تنظيف المعادن، ومن أهم هذه التأثيرات: حدوث التهاب وقرحة معدية ، ويعتقد أن هذه الأعراض نجمت عـن التسمم المزمن بالفوسفين الذي هـو أخطر نواتج الاحتراق نتيجة وجود ملوثات في الأسيتيلين.

المصدر: مجلة العلوم والتقنية - العدد ٧٩

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

مع تحيات اللجنة الإعلامية
معهد بحوث البتروكيماويات
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
ص.ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢
هاتف / ٤٨٨٣٧٧٩ - فاكس / ٤٨١٣٦٧٠

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

مطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

رقم الوثيقة : 14P0019-BKT-0001-AR02